

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного
господарства та природокористування

Кафедра гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних
машин

01-06-56

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з навчальної дисципліни

«Гідроелектростанцій»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Гідроенергетика»
спеціальності 145 «Гідроенергетика» галузі знань
14 «Електрична інженерія» денної і заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
освіти ННІВГП
Протокол №7 від 07.04.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Гідроелектростанції» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гідроенергетика» спеціальності 145 «Гідроенергетика» галузі знань 14 «Електрична інженерія» денної і заочної форм навчання [Електронне видання] / Сунічук С. В., Яковлева-Гаврилюк О. М., Поплавський Д. М. – Рівне : НУВГП, 2020. – 36 с.

Укладачі:

Сунічук С. В. – доцент кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин;

Яковлева-Гаврилюк О. М. – доцент кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин;

Поплавський Д. М. – асистент кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Відповідальний за випуск – Рябенко О. А., д.т.н., професор, завідувач кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Керівник групи забезпечення спеціальності 145 «Гідроенергетика»

Рябенко О. А.

© Сунічук С. В.,
Яковлева-Гаврилюк О. М.,
Поплавський Д. М., 2020
© НУВГП, 2020

Зміст

Передмова	3
1. Гідравлічний розрахунок і конструювання безнапірного енергетичного водоприймача низьконапірного гребельного водозабірною гідровузла	4
2. Розрахунок відстійника періодичної дії	13
3. Гідравлічний розрахунок безнапірних дериваційних водоводів (каналів, тунелів) при рівномірному і нерівномірному русі	18
4. Визначення річних втрат енергії в безнапірних несаморегульованих і саморегульованих дериваційних водоводах	26
5. Визначення економічно-найвигоднішого перерізу енергетичних водоводів	31
Рекомендована література	36

Передмова

Метою вивчення другого розділу навчальної дисципліни “Гідроелектростанції” (Споруди дериваційних ГЕС) здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 145 “Гідроенергетика” є проектування і конструювання водопровідних споруд гідроенергетичних установок.

Вивчення навчальної дисципліни формує наступні компетентності: використовувати технічну літературу, бази даних та інші джерела інформації в гідроенергетичній галузі; розраховувати та оптимізувати режими роботи установок і обґрунтовувати ефективність проектних рішень з використанням методів техніко-економічного аналізу і врахуванням вимог навколишнього середовища; розрахунок спеціальних питань гідравліки будівель і водопровідних споруд гідроенергетичних установок.

Дані методичні вказівки наводять 5 практичних завдань, що містять теоретичну частину, методику виконання та список рекомендованої літератури.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1.

Тема: Гідравлічний розрахунок і конструювання безнапірного енергетичного водоприймача низьконапірного гребельного водозабірною гідровузла.

Вихідні дані:

1. Тип і основні розміри водовідвідної споруди (дериваційного або спряжуючого з дериваційним тунелем каналу).
2. Ґрунт в районі головного вузла.
3. Розрахункова витрата водоприймача $Q_{вод} = Q_{д.макс}, м^3/с$.
4. Рівні води у верхньому б'єфі (у водосховищі):
 - максимальний $\downarrow BB_{макс} = \downarrow ФПР$;
 - розрахунковий $\downarrow p = \downarrow_0 = \downarrow НПР$;
 - мінімальний $\downarrow BB_{мін} = \downarrow РМО$.

Необхідно:

1. Виконати розрахунок відвідного каналу одним із наближених методів та визначити розміри живого перерізу (ширину по дну b і глибину води в каналі h) і глибину виїмки каналу $h_g = h + z$, z – запас над рівнем води.
2. Визначити:
 - поперечні розміри вхідного перерізу водоприймача (висоту H_0 і ширину B_0);
 - характерні відмітки (порогу водоприймача $\downarrow ПВ$, дна підвідного каналу $\downarrow днаПК$, верху будівельних конструкцій $\downarrow ВБК$, рівня води на водобіі \downarrow_0').
3. За спеціальним завданням розрахувати спряження б'єфів за водоприймачем і визначити:
 - відмітку дна відвідного каналу $\downarrow днаВК$;
 - рівень води в голові відвідного каналу $\downarrow_1 ВК$.

4. Уточнити розміри і скласти конструктивну схему водоприймача та можливу схему компоновки споруд гідровузла з гребельним боковим водозабором.

Порядок виконання

1. Виконати гідравлічний і техніко-економічний розрахунок відвідного каналу та визначити його необхідні геометричні і гідравлічні параметри.

У даному занятті, використовуючи наближені методи, визначити глибину води в каналі h і ширину b каналу по дну. Для цього:

1.1. За економічно найвигіднішою швидкістю $v_{ек} = 1,5 \div 2,5 \text{ м/с}$ визначити орієнтовну площу w живого перерізу каналу з бетонним облицюванням (що характерно для енергетичних каналів)

$$w = \frac{Q_{д.макс}}{v_{ек}} \quad (1.1)$$

1.2. Використовуючи залежність (1.2) для площі w каналу трапецеїдального перерізу

$$w = (b + mh)h \quad (1.2)$$

за рекомендованим в [1] найвигіднішим для практики співвідношенням β між шириною b по дну і глибиною h наповнення каналу

у $\beta = \frac{b}{h} \approx 2 + \frac{m}{2}$ визначити необхідні розміри каналу

$$h = \frac{b}{\beta} = \sqrt{\frac{w}{\beta + m}}; \quad b = \beta h = \beta \sqrt{\frac{w}{\beta + m}}. \quad (1.3)$$

При цьому глибина h повинна знаходитись у межах $1,5 \div 2,5 < h \leq 5 \div 6 \text{ м}$, а ширина b повинна бути більше $5 \div 6 \text{ м}$ і кратною $0,5 \div 1 \text{ м}$ за умовами виробництва робіт. Мінімальні значення глибини приймаються за умовами незаростання каналу.

Значення коефіцієнта закладання укосу m попередньо приймається із умови стійкості в залежності від виду ґрунту і типу кріплення укосів [2]. Приблизні їх значення такі: для супісків $m = 2$; суглинків і глин звичайних – $1,5 \div 2$; важких глин – $1 \div 1,5$; пісків – $2 \div 3$; піщано-гравійних ґрунтів – $1,5$; скельних ґрунтів – $0,5 \div 1$; для облицьованих каналів m приймається $1,25 \div 1,5$.

1.3. Глибину виїмки $h_g = h + z$ прийняти із врахуванням розрахункового запасу над максимальним рівнем $z = 1\text{ м}$.

Примітка:

1. Максимальну глибину $h_{\text{макс}}$ можна визначити за формулою А. Гіршкана (1.4)

$$h_{\text{макс}} = 0,85 \sqrt[3]{Q_{\text{д.макс}}} , \quad (1.4)$$

а ширину каналу по дну із виразу (1.2)

$$b = \frac{w - m h_{\text{макс}}^2}{h_{\text{макс}}} .$$

2. Для каналів без кріплення площа w живого перерізу визначається за допустимою нерозмиваючою швидкістю $v_{\text{нр}}$ [1,2] тобто $w = Q_{\text{д.макс}} / v_{\text{нр}}$. Попередньо значення $v_{\text{нр}}$ можна прийняти: для каналів у супісках $v_{\text{нр}} = 0,7 \div 1\text{ м/с}$; в суглинках – $0,8 \div 1,2$, в глинах звичайних – $1,2 \div 1,4$ і щільних – $1,5 \div 1,8$; в пісках мілкої крупності (дрібних) – $0,24 \div 0,4$, середньої крупності – $0,4 \div 0,7$, крупних – $0,7 \div 0,8$; гравійно-галькових – $0,8 \div 1,4\text{ м/с}$. Для незв'язних ґрунтів $v_{\text{нр}}$ можна також визначити розрахунком [3] за формулою Б.І. Студенічнікова

$$v_{\text{нр}} = 3,6 \sqrt{h d_{\text{ср}}} , \quad (1.5)$$

де h - глибина води в каналі (див. формули 1.3, 1.4);

$d_{\text{ср}}$ - діаметр часточок ґрунту 50% складу за кривою гранулометричного складу.

2.1. Поперечні розміри вхідного перерізу водоприймача $B_0 \times H_0$ прийняти рівними розмірам вхідного перерізу на решітці та визначити за допустимою швидкістю на решітці $v_{p.\text{дон}} = 0,8 \div 1,2\text{ м/с}$ [4].

$$F_0 = F_p = B_0 \times H_0 = \frac{Q_{\text{вод}}}{v_{p.\text{дон}}} \quad (1.6)$$

При остаточному призначенні ширини B_0 і висоти (напору на вході) H_0 вхідного перерізу необхідно враховувати наступне:

- розміри приймаються стандартними [1];
- при ширині $B_0 \geq 10 \div 12 \text{ м}$ встановлюються проміжні нерозрізні бички товщиною $t_{\text{б}} = 1,5 \div 2,5 \text{ м}$ (товщина розрізних бичків збільшується на $0,5 \div 1 \text{ м}$), при цьому прогони водозабірних отворів приймаються однаковими і стандартними з шириною $b_0 = B_0/n$, де n - кількість прогонів (бажано приймати $n \geq 3$);
- напір на вході у водоприймач H_0 (висоту отворів) рекомендується приймати в межах $\Delta z_{BB} + (1,5 \div 2,5) \text{ м} < H_0 \leq h$ ($\Delta z_{BB} = \downarrow BB_{\text{макс}} - \downarrow BB_{\text{мін}}$);
- співвідношення поперечних розмірів водозабірних отворів рекомендується приймати в межах $b_0/H_0 = 1 \div 2$;
- якщо ширина водоприймача $B = B_0 + t_{\text{б}}(n-1)$ значно (в два-три рази) більше ширини каналу по дну, тоді в межах водобой водоприймач бажано звузити.

2.2. Знаючи напір H_0 і розрахунковий рівень води у верхньому б'єфі \downarrow_0 (рис.1.1) визначити:

- відмітку порога водоприймача

$$\downarrow ПВ = \downarrow_0 - H_0, \quad (1.7)$$

яка повинна знаходитись на $3 \div 5 \text{ м}$ вище розрахункового рівня замулення, але нижче $\downarrow РМО$ і вище дна підвідного русла (каналу) не менше ніж $1,5 \div 2,5 \text{ м}$;

- відмітку дна підвідного каналу (русла)

$$\downarrow \text{днаПК} = \downarrow ПВ - P = \downarrow_0 - H_0 - P, \quad (1.8)$$

де $P = 1,5 \div 2,5 \text{ м}$ висота порогу (див. рис. 1.1).

Відмітка верху будівельних конструкцій водоприймача $\downarrow ВБК$ визначається розрахунком. В даному занятті її прийняти на $1 \div 2 \text{ м}$ вище максимального рівня води у верхньому б'єфі

$$\downarrow ВБК = \downarrow BB_{\text{макс}} + (1 \div 2) \text{ м}. \quad (1.9)$$

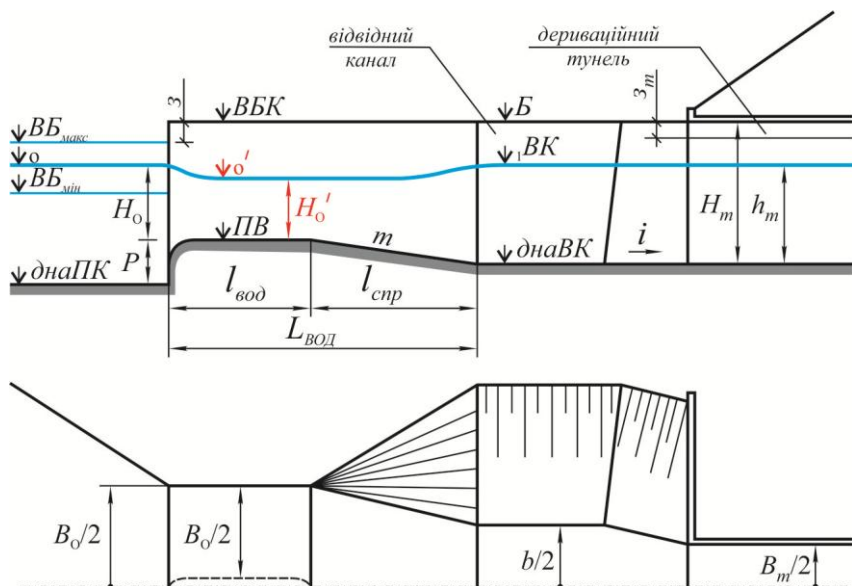


Рис. 1.1. Розрахункова схема водоприймача

2.3. Скласти розрахункову схему (див. рис. 1.1) і визначити відмітку рівня води на водобой за залежністю (1.10)

$$\downarrow_0' = \downarrow_{вод} + H_0' = \downarrow_{ПВ} + H_0' \quad (1.10)$$

де $\downarrow_{вод}$ - відмітка водобойою;

H_0' - глибина води на водобойі.

Відмітку водобойою приймаємо на відмітці порогу водоприймача $\downarrow_{вод} = \downarrow_{ПВ}$.

Глибина води на водобойі визначається із вирішення рівняння пропускної здатності підтопленого водозливу з широким порогом (див. рис. 1.1).

$$Q_{вод} = \varphi B_0 H_0' \sqrt{2g(H_0 - H_0')}, \quad (1.11)$$

де H_0 - повний напір на вході у водоприймач;

φ - коефіцієнт швидкості, який залежить від умов входу на водозлив (водоприймач).

При плавному окресленні проточної частини попередньо можна прийняти $\varphi = 0,93$, в інших випадках $\varphi = 0,84$ (при детальних розрахунках див. [2]). При стисненні потоку забірною балкою, решіткою та іншими механізмами і будівельними конструкціями коефіцієнт швидкості φ_c можна визначити за залежністю (1.12)

$$\varphi_c = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\varphi^2} + \zeta_{забр.б} + \zeta_{реш} + \zeta_{ін}}}, \quad (1.12)$$

де ζ - коефіцієнт місцевих опорів.

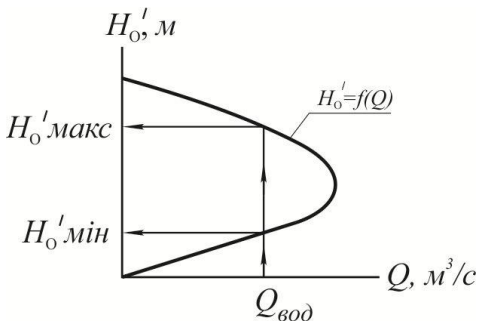


Рис. 1.2. Графік $H'_0 = f(Q)$

Таблиця 1.1

Параметр	Значення
$H'_0, м$	
$\varphi B_0 H'_0$	
$H_0 - H'_0$	
$2g(H_0 - H'_0)$	
$2g\sqrt{(H_0 - H'_0)}$	
$Q, м^3/с$	

Напір на водобой H'_0 визначається підбором або графоаналітичним методом. Для чого задаються рядом значень H'_0 в межах від $H'_0 = 0$ до $H'_0 = H_0$ і будують графік $H'_0 = f(Q)$ – рис. 1.2.

За заданим значенням $Q_{вод}$ визначають глибину H'_0 , при цьому приймають більше значення, яке відповідає спокійному стану потоку. Розрахунки зводяться в таблицю (див. табл. 1.2). Правильність знайденого значення H'_0 перевірити підставкою у формулу (1.11).

3.1. Розрахунки за спеціальним завданням

Використовуючи рівняння (1.13) для призматичних русел довільної форми і змінного перерізу виконати розрахунок спряження б'єфів за водоприймачем та визначити відмітку дна і рівень води в голові відвідного каналу (рис. 1.3)

$$\frac{Q_{вод}^2}{gw_0} + y_1' w_1' = \frac{Q_{вод}^2}{gw_1} + y_1 w_1, \quad (1.13)$$

де w_0 , w_1' , w_1 - площі живих перерізів потоку відповідно на водобі і водоприймачі і в голові каналу перед стрибком і за ним;

y_1' , y_1 - глибини занурення центрів тяжіння C_1' і C_1 перерізів w_1' і w_1 .

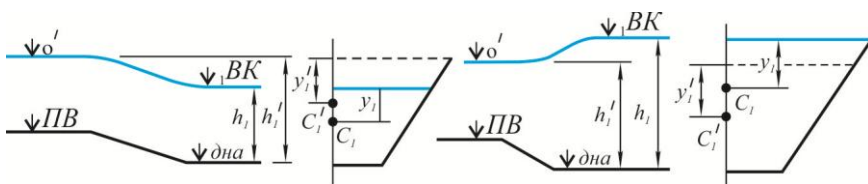


Рис. 1.3. Розрахункова схема спряження б'єфів

Рівняння (1.13) вирішується підбором або графоаналітичним методом. Для чого задаються рядом значень (3-4 значення) глибин h_i' перед стрибком, знаходять відповідні їм значення w_1' і y_1' , добуток $w_1' y_1'$ та будують графік $h_i' = f(w_1' y_1')$ – див. табл. 1.2, рис. 1.5. Потім визначають постійне значення A у формулі (1.14)

$$A = w_1' y_1' = w_1 y_1 - \frac{Q_{вод}^2}{g} \left(\frac{1}{w_0} - \frac{1}{w_1} \right) \quad (1.14)$$

та, використовуючи графік $h_1' = f(w_1' y_1')$, визначають h_1' , що задовольняє умові стрибкової функції (1.13), тобто умові спряження глибин.

Значення h_1' приймаються довільно і близьким до глибини наповнення каналу h , щоб визначені значення $(w_1' y_1')$ включали постійну величину A .

Центр тяжіння трапецеїдального перерізу визначається графічно або аналітично (рис. 1.4).

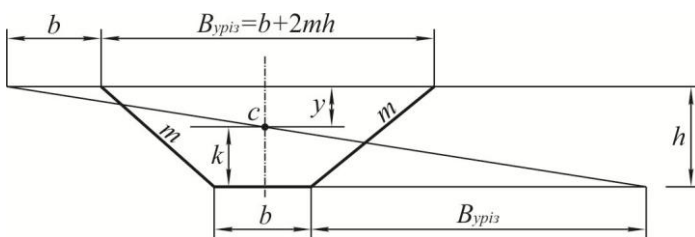


Рис. 1.4. Поперечний переріз каналу

Для симетричної трапеції

$$y = \frac{h}{3} \cdot \frac{3b + 2mh}{2(b + mh)} \quad (1.15)$$

$$\text{або } y = h - k = h - \frac{h}{3} \cdot \frac{3b + 4mh}{2(b + mh)}. \quad (1.16)$$

Для довільної трапеції

$$k = \frac{h}{3} \cdot \frac{b + 2B_{ypiz}}{b + B_{ypiz}} \quad (1.17)$$

Для прямокутного перерізу

$$y = \frac{h}{2} \quad (1.18)$$

Розрахунок ведеться в табличній формі (див. табл. 1.2).

3.2. За знайденим в пункті 3.1 значенням h_1' визначити:

- відмітку дна в голові каналу за водоприймачем

$$\downarrow \partial \text{на} BK = \downarrow_0' - h_1'; \quad (1.19)$$

- відмітку рівня води в голові відповідного каналу

$$\downarrow_1 BK = \downarrow \partial \text{на} BK + h_1, \quad (1.20)$$

де $h_1 = h$ - раніше визначена глибина води в каналі.

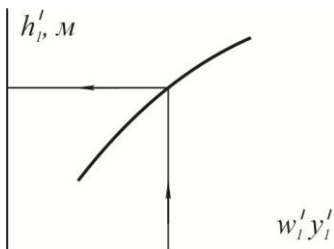


Рис. 1.5

Таблиця 1.2

Параметр	№№ розр.				
	<i>l</i>		<i>i</i>		<i>n</i>
$h_1', \text{м}$					
$w_1' = (b + mh_1') h_1'$					
$y_1' = \frac{h_1'}{3} \cdot \frac{3b + 2mh_1'}{2(b + mh_1')}$					
$w_1' y_1'$					

У попередніх розрахунках, якщо пункт 3.1 не виконується, можна прийняти:

$$\downarrow_1 BK = \downarrow_0; \downarrow \partial \text{на} BK = \downarrow_0 - h_1; \downarrow B BK = \downarrow BB_{\text{макс}} + 3.$$

При конструюванні водоприймачів врахувати наступне:

- загальну довжину прийняти конструктивно із умови розміщення гідромеханічного обладнання (сміттєзатримуючих решіток, затворів, підйомних механізмів) і мостового переходу;
- довжину водобою прийняти у межах $l_{\text{вод}} = (3 \div 5) H_0$;
- спряження водобою з дном каналу виконати спряжуючим відкосом з коефіцієнтом $m = 3 \div 5$ або виконати у вигляді греблі з низьким порогом (якщо відмітка дна каналу значно нижче водобою і диктується іншими міркуваннями);
- спряження водоприймача з каналом виконати у вигляді зворотних або занурених стінок, у вигляді косих площин;

- товщину бокових устоїв прийняти конструктивно $t_{ycm} = 1,5 \div 3 м$;
- ширину паза прийняти орієнтовно в межах $l_n = \left(\frac{1}{7} \div \frac{1}{10} \right) b_0$, але не менше $0,6 \div 0,8 м$, а його глибину $h_n = l_n / 2$, але не менше $0,3 \div 0,4 м$, при цьому товщина пазового перешийку t_n повинна бути не менше $0,8 м$.
- відстань між пазами прийняти рівною $l_{mn} = 1,5 l_n$, але не менше $1 \div 1,5 м$ за умовами експлуатації;
- перший паз від краю бичка повинен знаходитись на відстані не менше ніж $1 \div 1,5 м$;
- окреслення бичків в плані прийняти напівциркульним;
- при наявності забральної балки її товщина в першому наближенні призначається в межах $t_{зб} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{10} \right) b_0$;
- відмітку низу забральної балки призначають із умови, при якій водоприймач працює як водозлив з широким порогом;
- в конструкції водоприймача можуть бути передбачені спеціальні рішення для боротьби з наносами, з шугою і т.д.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2.

Тема: Розрахунок відстійника періодичної дії.

Вихідні дані:

1. Розрахункова витрата відстійника $Q_{від}, м^3 / с$.
2. Розрахункова вагова мутність потоку $\rho, кг / м^3$.
3. Мінералогічний і гранулометричний склад зважених наносів.
4. Розподіл наносів всіх фракцій по глибині потоку – умовно прийняти рівномірним.
5. Мінімальний розмір небезпечних часточок $d_{неб}, мм$.
6. Допустимий склад небезпечних часточок $\rho_{дон}, кг / м^3$.

7. Середня швидкість потоку у відстійнику $v_{\text{від}}, \text{м/с}$.

Необхідно:

1. Визначити довжину камери відстійника l_k і поперечні розміри камери:

- ширину B_k ;
- робочу глибину h_0 ;
- висоту мертвого об'єму h_m ;
- повну висоту камери h_n ;
- встановити кількість працюючих камер $C_{\text{роб}}$ та їх загальну кількість $C_{\text{заг}}$.

2. Скласти конструктивну схему відстійника та його спряження з підвідним і відвідним каналом.

Порядок виконання

1. Визначити основні розміри відстійника

1.1. Призначити попередню робочу глибину камери h_0 в межах $h \leq h_0 \leq 5 \div 8 \text{ м}$ (бажано кратною 0,5 м), де h - глибина води в каналі, приймається із заняття №1.

1.2. Визначити вміст небезпечних часточок у потоці

$$\rho_{\text{неб}} = \rho \frac{\Sigma m_{\text{неб}}}{100} \quad (2.1)$$

і необхідну забезпеченість осадження небезпечних наносів

$$P_{\text{необх}} = \frac{\rho_{\text{неб}} - \rho_{\text{доп}}}{\rho_{\text{неб}}} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де ρ - розрахункова вагова мутність потоку;

$\rho_{\text{доп}}$ - допустимий склад небезпечних часточок;

$\Sigma m_{\text{неб}} = \Sigma m$ при $d \geq d_{\text{неб}}$ - відсотковий вміст всіх небезпечних часточок з розміром $d \geq d_{\text{неб}}$ за даними гранулометричного складу.

Примітка: при відсутності даних про допустимий вміст небезпечних часточок необхідна забезпеченість осадження небезпечних часточок може прийматись в межах 75÷95%.

1.3. Прийнявши вміст небезпечних часточок $\Sigma m_{неб}$ за 100% визначити у відсотках приведену долю кожної небезпечної фракції у загальному вмісті небезпечних часточок

$$m_{неб.пр} = \frac{m_{неб}}{\Sigma m_{неб}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

де $m_{неб}$ - вміст часточок i -ої небезпечної фракції з гранулометричного складу (табл. 2.1).

1.4. За мінімальним розміром кожної небезпечної фракції визначити їх гідравлічну крупність $w_{неб.мін}$ [3] та співвідношення $w_{неб.мін} / v_{від}$.

1.5. Задаємось рядом значень довжини камери відстійника l_k (3-4 значення, кратною 10м) в межах

$$\frac{h_0 v_{від}}{w_{неб.макс}} < l_k \leq \frac{h_0 v_{від}}{w_{неб.мін}} \quad (2.4)$$

і для кожного з них визначити співвідношення $\frac{h_0}{l_k}$.

1.6. Для кожного із знайдених значень співвідношень $\frac{h_0}{l_k}$ за графіками А.П. Зегжди (рис. 2.1, [5]) знайти забезпеченість випадіння кожної небезпечної фракції P , %.

1.7. Визначити вміст наносів кожної небезпечної фракції, які осіли у відстійнику $m_{неб.ос} = \frac{P \cdot m_{неб.пр}}{100}$, % сумарний вміст небезпечних наносів $P = \Sigma m_{неб.ос} = \Sigma \frac{P \cdot m_{неб.пр}}{100}$, %.

1.8. За значеннями $P = \Sigma m_{неб.ос}$ побудувати графік залежності $P = f(l_k)$ (див. рис. 2.2) і за необхідною забезпеченістю $P_{необх}$

випадіння наносів визначити необхідну довжину камери відстійника $l_{к.необх}$.

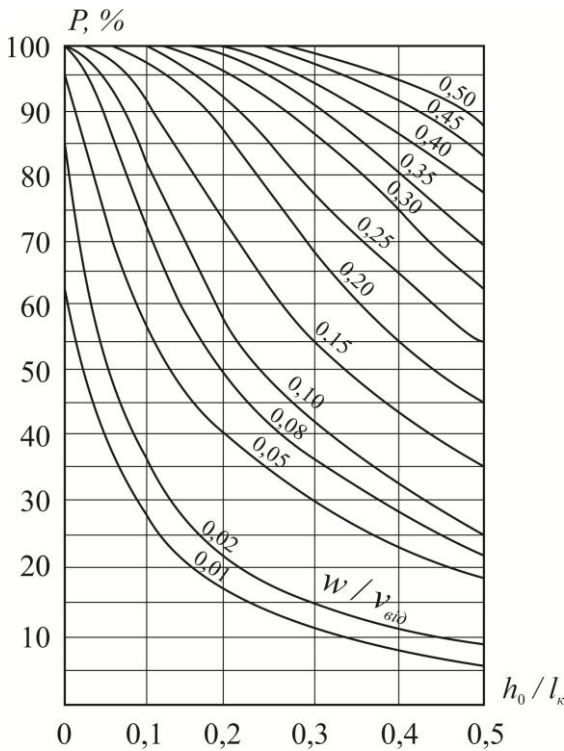


Рис. 2.1

Для конструювання остаточної довжини камери відстійника прийняти із запасом $l_{0к} = (1,1 \div 1,2) l_{к.необх}$ і кратною 5м. Запас передбачається для компенсації зменшення ефективної робочої довжини камери, через появу вертикальної складової швидкості, при обтіканні порогу в кінці камери.

1.9. Визначити кількість працюючих камер (заокруглити в більшу сторону)

$$C_{роб} = \frac{3Q_{від}}{l_{к.необх} h_0 v_{від}} \quad (2.5)$$

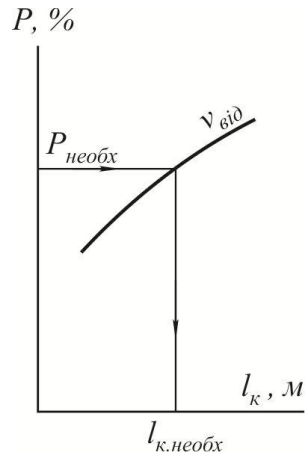


Рис. 2.2. $P = f(l_k)$

і загальну кількість камер відстійника періодичної дії

$$C_{заг} = C_{роб} + 1 \quad (2.6)$$

Таблиця 2.1

Характеристика фракцій	Гранулометричний склад		$m_{неб.пр}, \%$	$w, \text{м/с}$	$\frac{w}{v_{від}}$	$l_{к1}; \frac{h_0}{l_{к1}}$		$l_{к2}; \frac{h_0}{l_{к2}}$		$l_{к3}; \frac{h_0}{l_{к3}}$	
	Розмір d , мм	Вміст m , %				$P, \%$	$m_{неб.ос}, \%$	$P, \%$	$m_{неб.ос}, \%$	$P, \%$	$m_{неб.ос}, \%$
Небезпечні	d_1										
	...										
	...										
Безпечні	...		$\Sigma m_{неб.пр} = 100$			$P_1 =$		$P_2 =$		$P_3 =$	
	$d_{мін}$					$= \Sigma m_{неб.ос}$		$= \Sigma m_{неб.ос}$		$= \Sigma m_{неб.ос}$	

$$\Sigma m = 100$$

1.10. Визначити ширину камери

$$B_{\kappa} = \frac{Q_{від}}{C_{роб} h_0 v_{від}}, \quad (2.7)$$

і остаточно прийняти для конструювання $B_{0\kappa} < l_{\kappa.необ}/3$ та кратною $0,5m$.

1.11. Визначити:

– повну висоту відстійника

$$h_n = (1,25 \div 1,35) h_0; \quad (2.8)$$

– висоту мертвого об'єму

$$h_m = h_n - h_0. \quad (2.9)$$

Для конструювання розміри відстійника по висоті прийняти кр-тними 0,5м.

2. За визначеними основними розмірами скласти конструктивну схему відстійника періодичної дії (рис.2.3) в масштабі 1:200 або 1:500 з врахуванням конструктивних рекомендацій [1,3,5]. Для зменшення розміру креслення можна виконати половину планової проєкції (по осі симетрії) і з розривом відстійника в межах довжини камери.

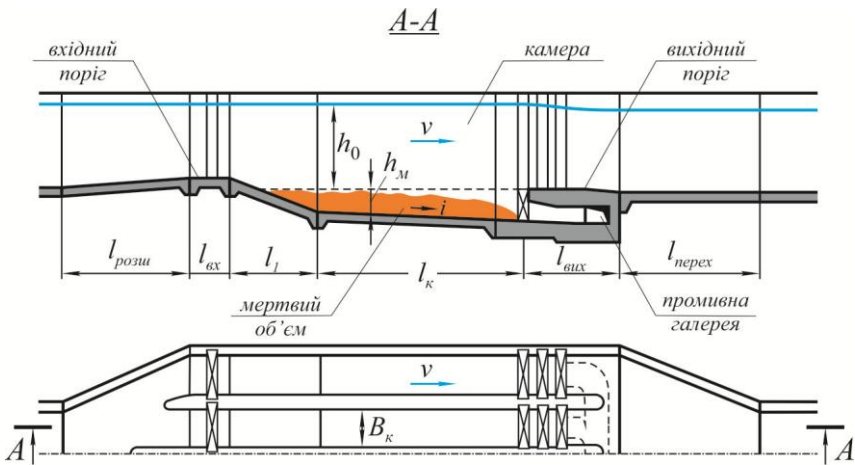


Рис. 2.3. Конструктивна схема відстійника періодичної дії

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3.

Тема: Гідравлічний розрахунок безнапірних дериваційних водоводів (каналів, тунелів) при рівномірному і нерівномірному русі.

Вихідні дані:

1. Максимальна витрата в дериваційному водоводі $Q_{д.макс}, м^3/с$.
2. Розрахунковий рівень води в голові дериваційного водоводу
 $\downarrow_1 DB = \downarrow_1 BK = \downarrow_0 = \downarrow НПР$.

3. Геологічні умови на трасі дериваційного водоводу – прийняти із практичного заняття №1.
4. Тип і конструкція дериваційного водоводу.
5. Коефіцієнт шорсткості n .
6. Довжина дериваційного водоводу $L_0, \text{км}$.

Необхідно:

1. Виконати гідравлічний розрахунок дериваційного водоводу:
 - при рівномірному русі – встановити основні розміри і параметри водоводу (ширину по дну b , глибину h , похил i , втрати напору h_w , а також залежність $h = f(Q)$ нормальних глибин h від витрати Q);
 - при нерівномірному русі – побудувати графіки залежності глибини в кінці водоводу і втрат напору від витрати $h_2 = f(Q)$, $h_w = f(Q)$.

Порядок виконання

1. Розрахунок на рівномірний рух

1.1. У варіантах завдання з безнапірним дериваційним тунелем (БДТ) гідравлічний розрахунок виконується згідно з [2]. В даному занятті попередньо розміри живого перерізу призначити як для каналу прямокутного перерізу з коефіцієнтом укосу $m = 0$. При цьому площа живого перерізу тунелю визначається за економічною

швидкістю $v_{m.ек} = 2,5 \div 4 \text{ м/с}$, тобто $w_{m.ек} = \frac{Q_{0.макс}}{v_{m.ек}}$, а глибина

наповнення h_m і ширину тунелю із умови $w_{m.ек} = h_m \cdot B_m$ при $h_m = (1 \div 1,2) B_m$.

Повну висоту тунелю H_m призначити з дотриманням таких рекомендацій: відношення повної висоти до ширини повинно складати $H_m / B_m = 1 \div 1,5$, а запас під склепінням над максимальним рівнем води в тунелі прийняти $z_m = 1,5 \div 2 \text{ м}$, тобто

$$H_m = h_m + (\downarrow BB_{\text{макс}} - \downarrow_1 DB) + z_m; \quad \text{мінімальні} \quad \text{розміри}$$

$$H_{m.\text{мін}} = 2 \div 2,5 \text{ м}, \quad B_{m.\text{мін}} = 2 \div 2,5 \text{ м}.$$

Попередньо тунель прийняти з напівциркульним склепінням радіусом $R_m = 0,5B_m$ і з розмірами, кратними 0,5 м. При конструюванні форму поперечного перерізу тунелю прийняти у відповідності до інженерно-геологічних умов і способом проходки [3].

1.2. У варіантах завдання з дериваційним каналом (ДК) попередньо розміри каналу визначаються аналогічно викладеному у занятті №1. В даній роботі ці розміри прийняти без розрахунку безпосередньо із заняття.

1.3. Для попередньо призначених розмірів поперечного перерізу дериваційного водоводу (для ДК – див. пр. зан. №1, для ДБТ – див. п. 1.1) визначити:

- площу живого перерізу $w = (b + mh)h$, $w_m = B_m h_m$;
- змочений периметр $\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$, $\chi_m = B_m + 2h_m$;
- гідравлічний радіус $R = w/\chi$;
- коефіцієнт Шезі $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$;
- поздовжній похил $i = \frac{Q_{\text{д.макс}}^2}{w^2 C^2 R}$.

1.4. Задаємось рядом значень глибини наповнення каналу (тунелю) і для кожної із них визначаємо пропускну здатність водоводу за формулою Шезі (3.1)

$$Q = wC\sqrt{Ri}. \quad (3.1)$$

Побудувати графік залежності нормальних глибин від витрати $h = f(Q)$ – див. рис. 3.1. Розрахунок зводимо в таблицю 3.1.

1.5. За графіком $h = f(Q)$ визначити нормальну глибину h_1 в голові (на початку) дериваційного водоводу при пропуску витрати $Q_{\text{д.макс}}$, виконати розрахунок спряження б'єфів за водоприймачем та визначити відмітки $\downarrow_1 DB$ і берми $\downarrow_1 B$ (або склепіння тунелю $\downarrow_1 C_k$) на початку дериваційного водоводу.

В даній роботі розрахункову відмітку рівнів води на початку водоводу прийняти (без розрахунку спряження б'єфів) рівній розрахунковій відмітці води у верхньому б'єфі, інші відмітки визначити згідно рис. 3.1.

$$\left. \begin{aligned} \downarrow_1 DB &= \downarrow_0 = \downarrow НПР \\ \downarrow_1 \partial на &= \downarrow_0 - h_1 = \downarrow НПР - h_1 \\ \downarrow_1 B &= \downarrow BB_{\max} + z = \downarrow \Phi ПР + z \\ (\downarrow_1 Cк &= \downarrow BB_{\max} + z_m = \downarrow \Phi ПР + z_m) \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

Таблиця 3.1

$h,$ $м$	$w,$ $м^2$	$\chi,$ $м$	$R = \frac{w}{\chi},$ $м$	$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$	wC	Ri	\sqrt{Ri}	$Q,$ $м^3/с$	$lg h$	$lg Q$
0								0		
...								...		
h_i								Q_i		
h_{n-1}								Q_{n-1}		
h_n								Q_n		

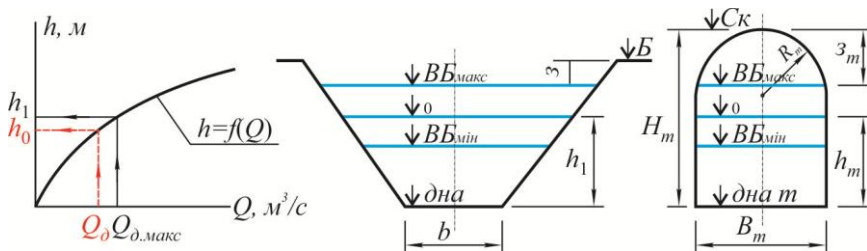


Рис. 3.1. Графік $h = f(Q)$ і висотна прив'язка перерізу на початку водоводу

1.6. Визначити максимальні втрати напору h_w у водоводі при рівномірному русі

$$h_w = iL_0 \quad (3.3)$$

і визначити відмітку розрахункового рівня води $\downarrow_2 ДВ$ при рівномірному русі, дна $\downarrow_2 дна$ і берми $\downarrow_2 Б$ (або склепіння тунелю $\downarrow_2 Ск$) в кінці дериваційного водоводу (див. рис. 3.2).

$$\left. \begin{aligned} \downarrow_2 DB &= \downarrow_1 DB - h_w \\ \downarrow_2 \partial na &= \downarrow_1 \partial na - h_w \\ \downarrow_2 B &= \downarrow_1 B - h_w \\ \downarrow_2 Ck &= \downarrow_1 Ck - h_w \end{aligned} \right\} \text{несаморегульований \cdot водовід} \quad (3.4)$$

1.7. Скласти в масштабі поздовжню схему по осі водопровідних споруд (рис. 3.2).

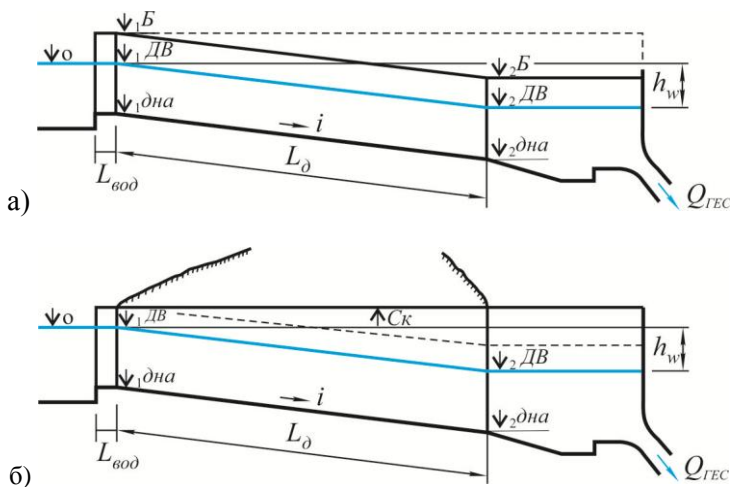


Рис. 3.2. Поздовжній розріз (схема) дериваційного водоводу:

- а) несаморегульований канал (пунктиром показано положення берми саморегульованого каналу);
б) саморегульований тунель (пунктиром показано склепіння несаморегульованого тунелю)

2. Розрахунок на нерівномірний рух

В умовах нерівномірного руху працюють саморегульовані водоводи, а також несаморегульовані при рівнях у верхньому б'єфі і витратах в деривації, які відрізняються від розрахункових.

Для енергетичних дериваційних водоводів становить інтерес розрахунок з визначення глибини h_2 в кінці водоводу при відомій глибині h_1 на початку водоводу і його довжині L_0 .

Розрахунок водоводів правильної призматичної форми з прямим похилом рекомендується виконувати за методом Б.А. Бахметьєва [2], яке основане на рішенні рівняння (3.5)

$$\frac{iL_0}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - (1 - j_{сер}) [\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)], \quad (3.5)$$

де i , L_0 - відповідно похил дна водоводу і довжина деривації;

h_0 - нормальна глибина за кривою $h = f(Q)$ при розрахунковій

витраті Q_0 , яка приймається у межах $0 < Q_0 < Q_{0.макс}$

(прийняти $Q_0 = (0,75 \div 0,8) Q_{0.макс}$);

$\eta_1 = \frac{h_1}{h_0}$ і $\eta_2 = \frac{h_2}{h_0}$ - відносні глибини;

$\varphi(\eta_1)$ і $\varphi(\eta_2)$ - функції Бахметьєва [2], які визначаються в залежності від η та гідравлічного показника

$$\text{русла } x = 2 \frac{(\lg Q_n - \lg Q_{(n-1)})}{\lg h_n - \lg h_{(n-1)}} \quad (\text{див. табл. 3.1});$$

$j_{сер} = \left[\left(\alpha C^2 i / g \right) \cdot (B / \chi) \right]_{сер}$ - визначається за параметрами

русла при $h_{сер} = (h_1 + h_2) / 2$;

$\alpha = 1,05 \div 1,10$.

Розрахунок рекомендується вести в табличній формі (див. табл. 3.2) в такій послідовності.

Таблиця 3.2

$h_2,$ m	η_2	$\varphi(\eta_2)$	$\varphi(\eta_2) -$ $-\varphi(\eta_1)$	h_{cep}	w_{cep}	χ_{cep}	R_{cep}	C_{cep}	B_{cep}	j_{cep}	$1 - j_{cep}$	A
$h_2^{(1)}$												
...												
$h_2^{(i)}$												
...												
$h_2^{(n)}$												

2.1. Виконати розрахунок водоводу на рівномірний рух, визначити розміри поперечного перерізу, похил дна, а також глибину h_1 в голові водоводу і відповідні їй параметри перерізу w_1 , χ_1 , R_1 , C_1 - прийняти значення із п.1.3.

2.2. Задаємось значенням витрати в межах $0 \div Q_{0.макс}$ (наприклад $Q_0 = (0,75 \div 0,8) Q_{0.макс}$) і за графіком $h = f(Q)$ визначити відповідну їй нормальну глибину h_0 .

2.3. Визначити гідравлічний показник русла x і глибину h_2 в кінці каналу, яка відповідає Q_0 .

Рішення рівняння (3.5) бажано виконувати методом послідовного наближення або графоаналітичним методом (див. табл. 3.1 і рис. 3.3).

Для цього:

2.3.1. Перепишемо рівняння (3.5) у вигляді

$$\underbrace{\frac{iL_0}{h_0} + \eta_1}_{B=const} = \underbrace{\eta_2 - (1 - j_{cep})[\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)]}_{A=f(h_2)}. \quad (3.6)$$

Визначити $\frac{iL_{\partial}}{h_0}$, постійну ліву частину $B = \frac{iL_{\partial}}{h_0} + \eta_1$ і знайти за

[1] в залежності від $\eta_1 = \frac{h_1}{h_0}$ і $x = 2 \frac{(\lg Q_{\partial, \max} - \lg Q_{\partial})}{\lg h_1 - \lg h_0}$ постійне значення функції $\varphi(\eta_1)$.

2.3.2. Задаємося декількома значеннями глибини h_2 в кінці каналу в межах $h_1 < h_2 < (h_1 + iL_{\partial})$ і для кожної з них визначити (див. табл. 3.2):

$$\eta_2; \varphi(\eta_2); [\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)]; h_{\text{cep}} = (h_1 + h_2)/2;$$

$$w_{\text{cep}} = (b + mh_{\text{cep}})h_{\text{cep}}; \chi = b + 2h_{\text{cep}}\sqrt{1+m^2}; R_{\text{cep}} = w_{\text{cep}}/\chi_{\text{cep}};$$

$$C_{\text{cep}} = R_{\text{cep}}^{1/6}/n; B_{\text{cep}} = b + 2mh_{\text{cep}}; j_{\text{cep}}; 1 - j_{\text{cep}};$$

$$(1 - j_{\text{cep}})[\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)]; A = \eta_2 - (1 - j_{\text{cep}})[\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)].$$

2.3.3. За даними розрахунку п. 2.3.2 (табл. 3.2) побудувати графік залежності $h_2 = f(A)$, на якому за значенням лівої частини рів-

няння (3.6) $\frac{iL_{\partial}}{h_0} + \eta_1$ знайти значення глибини h_2 , що відповідає

розрахунковій витраті Q_{∂} , і побудувати орієнтовну криву вільної поверхні води у водоводі (рис. 3.3).

2.4. Задатись іншими значеннями витрати в деривації і визначити відповідні їм значення глибини h_2 та побудувати графік залежності $h_2 = f(Q)$.

В даній роботі обмежитись розрахунком при одному значенні Q_{∂} , а графік $h_2 = f(A)$ побудувати наближено за такими трьома точками з координатами: $Q = 0$, $h_2 = h_1 + iL_{\partial}$; $Q = Q_{\partial}$, h_2 при Q_{∂} ; $Q = Q_{\partial, \max}$, $h_2 = h_1$ і накласти його на графік нормальних глибин $h = f(Q)$, який побудований за даними розрахунку на рівномірний рух.

2.5. Використовуючи графік $h_2 = f(Q)$, розрахувати втрати на-
пору в дериваційному водоводі при нерівномірному русі за залежні-
стю

$$h_w = h_1 + iL_d - h_2 \quad (3.7)$$

і побудувати графік $h_w = f(Q)$ – рис. 3.3,б. Проміжні значення h_2
зняти з графіка $h_2 = f(Q)$.

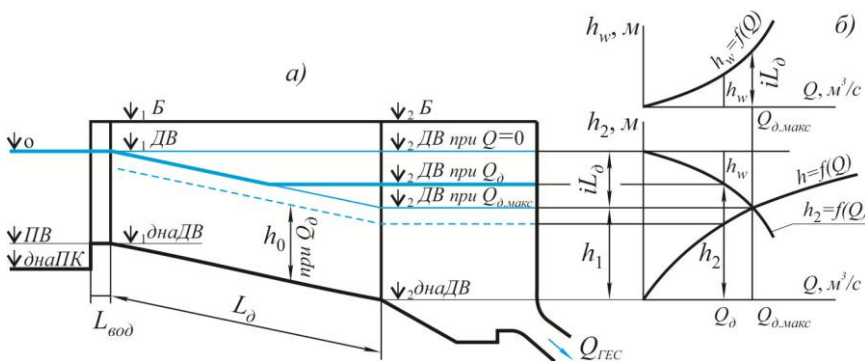


Рис. 3.3. Поздовжній розріз дериваційного водоводу

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4.

**Тема: Визначення річних втрат енергії в безнапірних неса-
морегульованих і саморегульованих дериваційних водоводах.**

Вихідні дані:

1. Максимальна витрата ГЕС $Q_{ГЕС. макс} = Q_{d. макс}, м^3/с$.
2. Графік витрат споживання ГЕС $\bar{Q} = Q/Q_{ГЕС. макс}$ в долях від $Q_{ГЕС. макс}$ (або графік тривалості $\bar{Q} = f_1(t)$ і забезпеченості $Q = \varphi_1(P)$).
3. Тривалість роботи гідроелектростанції (ГЕС) $T_{ГЕС}, год$.

4. Тривалість періоду надлишку води в річці $T_{\delta}, год$.
5. Коефіцієнти корисної дії енергетичного обладнання:
 - турбіни η_m ;
 - генератора η_e .
6. Параметри водоводу (ДВ) прийняти із заняття №3: довжина L_{∂} ; похил дна i ; графік $h_w = f(Q)$.

Необхідно:

Визначити втрати енергії в несаморегульованому водоводі при рівномірному русі і в саморегульованому при нерівномірному русі.

Примітка:

- умовно прийняти в період надлишку води в річці напір ГЕС більше розрахункового напору;
- втрати напору від холостого скиду води в несаморегульованих водоводах не враховувати;
- нерівномірне споживання води протягом доби не враховувати.

Порядок виконання

Енергія E_B , що втрачається, визначається як середня річна енергія за багаторічний період за залежністю

$$E_B = 9,81 \eta_a \int_0^T Q h_w dt, \quad (4.1)$$

де $\eta_a = \eta_m \eta_e$ - коефіцієнт корисної дії агрегату;

$T = 8760$ - кількість годин в році;

Q - витрата споживання;

h_w - втрати напору у водоводі, для несаморегульованого водоводу приймаються постійними $h_w = i L_{\partial} = const$.

1. Для визначення E_B в несаморегульованому водоводі необхідно виконати наступне:

1.1. Розрахувати дериваційний водовід на рівномірний рух і визначити максимальні втрати напору у ньому – прийняти із заняття №3, п.1.6.

1.2. Визначити втрати енергії за формулою (4.2) без врахування роботи ГЕС в період надлишку води

$$E_B = 9,81 Q_{ГЕС.сер} h_w T_{ГЕС}, \quad (4.2)$$

де $Q_{ГЕС.сер}$ - середньобаторічна витрата ГЕС, яка визначається за

даними витрат споживання ГЕС (рис. 4.1) за формулою (4.3), попередньо графік витрат споживання перебудовується в абсолютних одиницях

$$Q_i = Q_{ГЕС.макс} \cdot \bar{Q}_i$$

$$Q_{ГЕС.сер} = \frac{1}{T} \int_0^{T_{ГЕС}} Q dt \approx \frac{\sum Q_i \Delta t_i}{\sum \Delta t_i}. \quad (4.3)$$

Якщо графік витрат споживання ГЕС заданий в долях від $Q_{ГЕС.макс}$, тобто $\bar{Q} = Q/Q_{ГЕС.макс}$, середню витрату можна визначити за (4.3')

$$Q_{ГЕС.сер} = Q_{ГЕС.макс} \cdot \frac{\sum \bar{Q}_i \Delta t_i}{\sum \Delta t_i}. \quad (4.3')$$

1.3. Визначити втрати енергії з врахуванням роботи ГЕС в період надлишку води з напором ГЕС, який більше розрахункового

$$E_B' = 9,81 Q_{ГЕС.сер} h_w (T_{ГЕС} - T_{\theta}) \quad (4.4)$$

2. Для саморегульованих дериваційних водоводів, що працюють, як правило, в умовах нерівномірного руху, розрахунок рекомендується виконувати в такій послідовності.

2.1. Розрахувати водовід на нерівномірний рух і побудувати графік залежності втрат напору від витрати $h_w = f(Q)$

$$h_w = h_1 + iL_{\theta} - h_2. \quad (4.5)$$

Для розрахунків в даному занятті графік $h_w = f(Q)$ прийняти з заняття №3, рис. 3.3.

2.2. Використовуючи графік витрат споживання ГЕС (рис. 4.1) побудувати графік тривалості $Q = f_1(t)$ витрат споживання ГЕС

(або графік забезпеченості $Q = q_1(t)$) в абсолютних значеннях витрат – рис. 4.2.

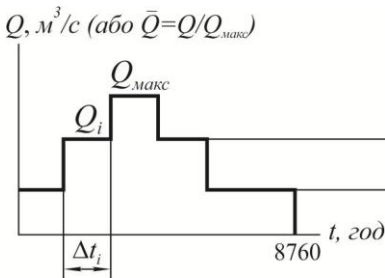


Рис. 4.1

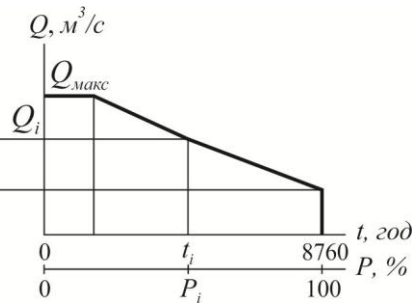


Рис. 4.2

2.3. Використовуючи графіки $h_w = f(Q)$ і $Q = f_1(t)$ – див. рис. 3.3 і 4.2, побудувати графік тривалості витрат напору $h_w = f_2(t)$. Для побудови графіка $h_w = f_2(t)$ необхідно задатись рядом значень тривалості t_i і визначити за графіком $Q = f_1(t)$ відповідні їм значення витрати Q_i , а за графіком $h_w = f(Q)$ – значення витрат напору h_{w_i} . Побудова кривої $h_w = f_2(t)$ може бути безпосередньо виконана графічно – див. рис. 4.3.

2.4. Для прийнятих в пункті 2.2 значень тривалості t_i витрат Q_i визначити за залежністю (4.6) втрати потужності N_{B_i} і побудувати графік тривалості витрат потужності $N_B = f_3(t)$ – див. рис. 4.3.

$$N_{B_i} = 9,81 Q_i h_{w_i} \eta_a \quad (4.6)$$

Розрахунок рекомендується вести в табличній формі (табл. 4.1), а результати представити у вигляді графіків (рис. 4.3).

2.5. Визначити величину витрат енергії, як площу, що обмежена графіком $N_B = f_3(t)$, тобто

$$E_B = \int_0^{T_{ГЕС}} N(t) dt \approx \sum_{i=1}^n N_{B_i} \Delta t_i = \sum_{i=1}^n S_i \cdot M_N \cdot M_t \quad (4.7)$$

де $S_i = (N_{B_i} - N_{B_{i-1}}) / 2 \cdot (T_i - T_{i-1})$, $см^2$ - площа i -го фрагмента;

M_N , M_t - масштаби потужності і часу.

Таблиця 4.1.

$t, год$	t_0		t_i			$t_n = T_{ГЕС}$
$Q, м^3/с$	$Q_{макс}$		Q_i			$Q_{мін}$
$h_w, м$	$h_{w.макс}$		h_{w_i}			$h_{w.мін}$
$N_B, кВт$	$N_{B.макс}$		N_{B_i}			$N_{B.мін}$

Отримані втрати енергії порівняти з аналогічними втратами (без врахування роботи ГЕС в період надлишку води з напором ГЕС більше розрахункового) в несаморегульованому водоводі при рівномірному русі.

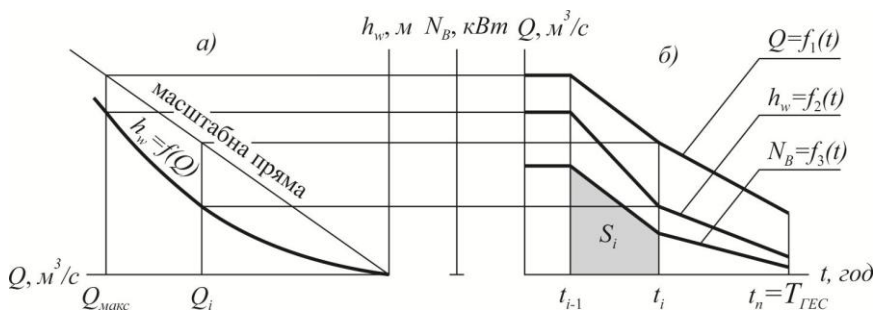


Рис. 4.3. Залежність втрат напору від витрати (а) і графіки тривалості (б) витрати, втрат напору і потужності

2.6. Визначити втрати енергії з врахуванням роботи ГЕС в період надлишку води з напором ГЕС більше розрахункового і порівняти їх з аналогічними втратами при рівномірному русі в несаморегульованому водоводі.

Так як практична тривалість періоду надлишку води в річці завжди менше тривалості максимальної витрати споживання ГЕС $T_6 < t_{Q_{\max}}$, величину втраченої в цьому випадку енергії можна визначити за залежністю (4.8)

$$E_B' = E_B - N_{B.\max} \cdot T_6 \quad (4.8)$$

Додаткові відомості з визначення E_B наведені в [6].

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5.

Тема: Визначення економічно-найвигіднішого перерізу енергетичних водоводів.

Вихідні дані:

1. Максимальна витрата у водоводі $Q_{0.\max}, \text{м}^3/\text{с}$.
2. Геологічні умови, тип і попередні геометричні і гідравлічні характеристики (параметри) водовода – прийняти із заняття №3:
 - ширина водоводу $b, \text{м}$;
 - закладання укосів m ;
 - наповнення водоводу при витраті $Q_{0.\max} - h$;
 - шорсткість n ;
 - довжина $L_0, \text{км}$.

Розміщення каналу відносно поверхні землі (для варіантів з де-риваційним каналом): у виїмці, в насипу, в напіввиїмці-напівнасипу, на косогорі.

3. Питома будівельна вартість виїмки ґрунта по водоводу з врахуванням лицювання $a, \text{у.о.}/\text{м}^3$.
4. Середньорічна тривалість роботи водоводу, для енергетичного водоводу прийняти $T = T_{\text{ГЕС}}, \text{год}$.
5. Вартість замінюючої енергії теплової (атомної) електростанції $b_3, \text{у.о.}/\text{кВт} \cdot \text{год}$.

6. Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень $E_n = 0,12$.

7. Доля щорічних експлуатаційних витрат P .

8. Коефіцієнти корисної дії обладнання:

- турбіни η_m ;
- генератора η_e ;
- агрегату $\eta_a = \eta_m \cdot \eta_e$.

Необхідно:

Визначити розміри безнапірного енергетичного водоводу із умови мінімуму сумарних приведених (розрахункових) затрат Z_Σ [3,6].

$$Z_\Sigma = Z_e + Z_z + Z_c \Rightarrow \min \quad (5.1)$$

де Z_e , Z_z , Z_c - відповідно розрахункові затрати по водоводу, заміні втраченого виробітку енергії внаслідок втрат напору (і витрати) і затрати на спряжені з водоводом споруди.

В даній роботі виконати розрахунок для безнапірного несаморегульованого і саморегульованого дериваційного водоводу (каналу або тунелю) без врахування затрат Z_c .

Порядок виконання

1. Визначити попередні розміри і параметри водоводу розрахунком на рівномірний рух – прийняти із заняття №3.

2. Для несаморегульованих водоводів задатись 4-5 значеннями глибини наповнення h при постійній ширині по дну (можна змінювати ширину при постійній глибині або одночасно змінювати глибину і ширину [6]) і для кожного з них визначити:

- площу живого перерізу $w = (b + mh)h$, m^2 ;
- змочений периметр $\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$, m ;
- гідравлічний радіус $R = w/\chi$, m ;
- коефіцієнт Шезі $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$;

- похил дна при розрахунковій середньорічній витраті деривації $i = \frac{Q_{\partial.cep}^2}{w^2 C^2 R}$, при однитковому водоводі $Q_{\partial.cep} = Q_{ГЕС.cep}$ (прийняти із заняття №4), при багаторічній розрахунок ведеться на витрату однієї нитки водоводу $Q_{\partial_1.cep} = Q_{ГЕС.cep} / z_{\partial}$, z_{∂} - кількість дериваційних водоводів;
- втрати напору у водоводі без врахування втрат в місцевих опорах $h_w = i L_{\partial}$ або $h_w = i \cdot 1$, якщо розрахунок ведеться на один погонний метр водоводу;
- втрати потужності $N_B = 9,81 Q_{\partial.cep} h_w \eta_a$, κBm ;
- втрати енергії $E_B = N_B \cdot T_{ГЕС}$, $\kappa Bm \cdot год$;
- затрати по замінюючій енергії $З_3 = b_3 E_B$, $у.о.$;
- будівельні затрати (капіталовкладення) по деривації $K_{\partial} = w L_{\partial} a$, $у.о.$ або $K_{\partial} = w a \cdot 1$ якщо розрахунок ведеться на один погонний метр L_{∂} ;
- розрахункові затрати по деривації $З_3 = (E_n + P) K_{\partial}$, $у.о.$;
- сумарні розрахункові затрати $З_{\Sigma} = З_3 + З_{\partial}$, $у.о.$

Для тунелів капіталовкладення по деривації K_{∂} визначаються за повним перерізом (з врахуванням вільного простору над склепінням). В занятті наближено визначити за площею живого перерізу із збільшенням його на 20%. Питома вартість a , $у.о./м^3$, виломки тунелю з врахуванням лицювання прийняти за укрупненими показниками вартості будівництва в залежності від w і категорії ґрунту.

3. За даними розрахунку побудувати графіки $З_3 = f_1(w)$, $З_{\partial} = f_2(w)$ і $З_{\Sigma} = f_3(w)$ – рис. 5.1, знайти економічно-найвигоднішу площу $w_{ек}$ водоводу, яка відповідає мінімуму сумарних затрат (в точці дотику прямої, яка паралельна осі w , до графіка

$3_{\Sigma} = f_3(w)$, і визначити відповідний цій площі $w_{ек}$ похил дна

$$i_{ек} = \frac{Q_{д.сер}^2}{(w^2 C^2 R)_{ек}}.$$

Примітка: параметри економічно-найвигіднішого перерізу:

$w_{ек}$ - визначається графічно або аналітично (див. рис. 5.; табл. 5.1);

$h_{ек} = \left(-b + \sqrt{b^2 + 4mw_{ек}} \right) / 2m$ - якщо розрахунок виконаний при

$b = const$, або $b_{ек} = (w_{ек} - mh^2) / h$ - якщо розрахунок виконаний

при $h = const$; $\chi_{ек}$; $R_{ек}$; $C_{ек}$; $i_{ек}$.

Таблиця 5.1
(читати разом з табл. 5.2)

$h, м$ $b=const$	$w, м^2$	w^2	χ	R	C	C^2	$w^2 C^2 R$	i	h_w	N_B	E_B	3_z	K_d	3_d	3_{Σ}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	19	20	21
h_l															
...															
h_i															
...															
h_n															

4. Визначити $w_{ек}$ для саморегульованого водоводу і порівняти її з раніше визначеною (див. п.3) площею $w_{ек}$ для несаморегульованого водоводу.

Розрахунок виконується в послідовності, викладеній для несаморегульованих водоводів. При цьому втрати напору h_w , потужності N_B і енергії E_B визначається із розрахунку на нерівномірний рух (див. заняття №4), а розрахунок капіталовкладень виконується з врахуванням змінної площі перерізу уздовж водоводу, наприклад,

за середньою площею між початковим (головним) і кінцевим пере-різами $w_{сер} = (w_1 + w_2)/2$.

$$K_{\partial} = w_{сер} L_{\partial} \cdot a = \left[b + m(h + iL_{\partial}/2) \right] (h + iL_{\partial}/2) L_{\partial} \cdot a \tag{5.2}$$

або
$$K_{\partial} = \left[b + m(h + iL_{\partial}/2) \right] (h + iL_{\partial}/2) a \cdot 1, \tag{5.2}$$

якщо розрахунок ведеться на один погонний метр довжини L_{∂} .

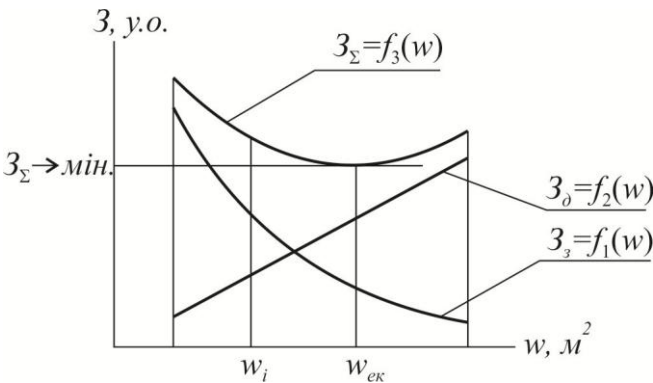


Рис. 5.1. Графік $3 = f(w)$

В даній роботі розрахунок виконати за наближеною методикою. Наприклад, прийняти втрати напору h_w' в саморегульованому водоводі на 30÷50% менше втрат напору в несаморегульованому водоводі. Розрахунок звести в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2

Прийняти з табл. 5.1.	h_w'	N_B'	E_B'	$3_з'$	$\frac{iL_{\partial}}{2}$	$h+iL_{\partial}/2$	$m(h+iL_{\partial}/2)$			K_{∂}'	$3_{\partial}'$	$3_{\Sigma}'$
1–9	10'	11'	12'	13'	14'	15'	16'	17'	18'	19'	20'	21'
								$b + \Gamma p$ 16	Γp 15'x17'			

Рекомендована література

1. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика / под ред. В. П. Недриги. Москва : Стройиздат, 1983. 543 с.
2. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П. Г. Киселева. Москва : Энергия, 1972. 312 с.
3. Гидроэлектрические станции / под ред. Ф. Ф. Губина, Г. И. Кривченко. Москва : Энергия, 1980. 368 с.
4. Лутаєв В. В., Сунічук С. В. Гідроелектростанції (Водопровідні споруди ГЕС) : інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне, 2009. 63 с.
5. Гидроэлектрические станции / под ред. Ф. Ф. Губина. Москва : Энергия, 1972. 504 с.
6. Гидроэнергетические установки / под ред. Д. С. Щавелева. Ленинград : Энергоиздат, 1981. 520 с.